

Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos en el arrecife de barrera del Rincón de Guanabo

Ecological structure of the gorgonian communities in the barrier reef of Rincon de Guanabo

Alejandro Herrera, Pedro Alcolado y Pedro García-Parrado.

Instituto de Oceanología. Ave. 1ª. n° 18406 entre 184 y 186. Playa, 12100 La Habana. Cuba.

Resumen

Se presentan los resultados del estudio de la estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos en 8 zonas del arrecife de barrera del Rincón de Guanabo al Este de La Habana: laguna arrecifal, zona trasera, zona de embate, explanada abrasiva en 5 y 10 m, veril en 15 m y cabezos del talud del arrecife frontal en 20 m. Para cada zona se presentan y discute, en relación con distintos factores ambientales, la composición cuantitativa y cualitativa de la comunidad y los valores de densidad, diversidad, equitatividad y dominancia. Sobre la base de estos resultados y empleando métodos de clasificación numérica se comparan las distintas zonas, encontrándose que en la laguna y las zonas trasera y de embate la estructura comunitaria refleja una mayor tensión ambiental por la influencia diferencial de batimiento, el efecto del sedimento y la cobertura vegetal, mientras que en la parte frontal del arrecife, a partir de los 5 m, comienza a disminuir el control físico sobre la comunidad y su estructura comienza a reflejar condiciones más favorables.

Abstract

The results of the study of the ecological structure gorgonian communities in seven zones of the Rincon de Guanabo barrier reef (E of Havana): lagoon zone, rear zone, surf zone rock pavement at 5 and 10 m depth, escarpment at 15 m and the reefs patches of the fore reef slope in 20 m depth are presented. For each zone, the quantitative and qualitative composition of the community, its density, diversity, equability and dominance are given and discussed in relation to different environmental factors. On the base of these results, and employing numerical classification methods are compared the different zones, being found that in the lagoon, rear and surf zones, the community structure reflect a higher environmental stress due to the influence of turbulence, the effect of sediment and algal coverage, while in the fore reef, starting at 5 m depth, the physical control on the community begins to decrease and structure reflects, more favorable conditions.

INTRODUCCION

Por la importancia farmacológica de muchas de sus especies por su valor como indicadores ambientales (ALCOLADO, 1981) y por su diversidad y abundancia, los gorgonáceos constituyen un grupo que junto a los corales y las esponjas, merece especial atención en los investigaciones que se realicen en los arrecifes.

Los estudios estructurales sobre este grupo incluyen desde los ya clásicos trabajos de GOLDBERG (1973), KINZIE (1973), OPRESKO (1973), Y PRESTON Y PRESTON (1975) hasta referencias posteriores como las de JORDAN (1979), MUZIK (1982) y otros. En Cuba, este tipo de estudios los encontramos en ALCOLADO (1981) en algunos arrecifes del Sur y los de HERRERA (1991) y HERRERA Y ALCOLADO (1983; 1985; 1986) en los arrecifes costeros del N de Ciudad de La Habana, Santa Cruz del Norte y Mariel, respectivamente.

El presente trabajo es parte de un estudio de las principales comunidades de la fauna sésil del arrecife del Rincón de Guanabo que tiene como objetivo analizar las características estructurales de las comunidades de gorgonáceos en relación con distintos factores ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ubicaron siete estaciones en el arrecife de barrera correspondiendo cada una de ellas a sus distintas zonas ecológicas (Figs. 1 y 2). Dichas estaciones se situaron siguiendo aproximadamente un transecto que cruzara el centro del arrecife con el fin de poder registrar las características más típicamente arrecifales que tienden lógicamente a variar hacia sus extremos E y W. Quedó excluida del muestreo la meseta arrecifal debido a factores meteorológicos adversos que hicieron imposible el acceso a esta zona, fuertemente batida por el oleaje. No obstante, puede decirse que en la misma prácticamente no hay gorgonáceos.

En cada una de las estaciones se muestrearon las comunidades de estos organismos empleando un cuadrante de 1 m² para estimar la densidad comunitaria. A partir de un punto fijado aleatoriamente el cuadrante era volteado sucesivamente en la isobata hasta completar el mayor número de unidades muestrales posibles, en dependencia del tiempo de buceo disponible.

A los especímenes incluidos dentro de cada cuadrado se les cortó una rama para su posterior identificación, las que fueron conservadas en sobres separados. Las muestras se identificaron hasta el nivel de especie lo que permitió la determinación de la composición cuantitativa y cualitativa de la comunidad en las distintas zonas.

A partir de estos datos se estimó la densidad (número de colonias/m²) y se calculó la diversidad H' (SHANNON Y WEAVER, 1949), la equitatividad J' (PIELOU, 1966) y la dominancia C' (SIMPSON, 1949) a fin de caracterizar la estructura ecológica a través de estos indicadores, a la luz de los criterios establecidos por PRESTON Y PRESTON (1975).

En las estaciones 1 y 2, correspondientes a la laguna arrecifal y la zona trasera, respectivamente, el tamaño de muestra en términos de número de individuos fue muy pequeño debido a la baja densidad, sin embargo en término de unidades muestrales éste sí resultó adecuado. Por ello, se empleó para la comparación de la riqueza de especies el método de rarefacción de SHINOZAKI (1963), basado en unidades muestrales, el cual permitió un análisis objetivo de este factor dado que todas las estaciones estuvieron sometidas a un similar esfuerzo de muestreo.

Finalmente se realizó la clasificación, tanto normal como inversa de los datos de densidad, empleando como medidas cuantitativas de afinidad la distancia euclidiana y los índices de disimilitud de Canberra y Bray-Curtis (BOESCH, 1977) a fin de contar con varias medidas de afinidad, con diferente grado de sesgo hacia los altos valores y poder evaluar los resultados más objetivos. En el caso del índice de Canberra, en el cual los ceros de la matriz original deben ser sustituidos por una constante e , menor que el valor más bajo de la tabla de datos (BOESCH, 1977), se escogió un valor igual a 1/5 del mínimo de la matriz, que en este caso fue 0.006.

Con fines comparativos se infirió el grado de agitación del agua en cada estación a partir del Índice de Tensión Hidrodinámica (ITH) de ALCOLADO (1981), basado en la suma de los porcentajes de las especies de gorgonáceos resistentes a este tensor.

Asimismo, se realizaron observaciones de las características del sustrato, tales como pendiente, presencia y tipo de sedimento, su heterogeneidad y la cobertura algal.

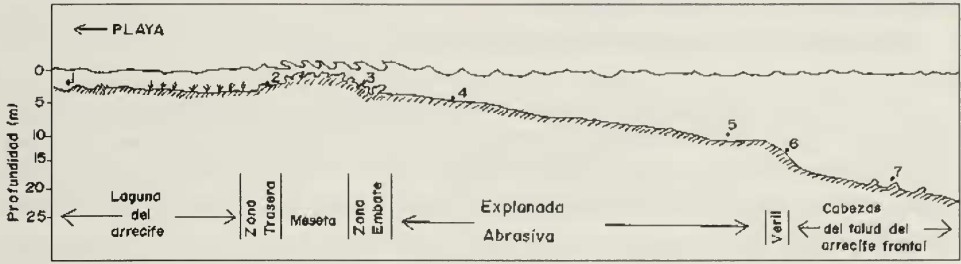


Figura 1. Esquema del arrecife de barrera de Rincón de Guanabo en que se muestra la ubicación de las estaciones.

Figure 1. Diagram of the Rincón de Guanabo barrier reef in which are shown the location of the stations.

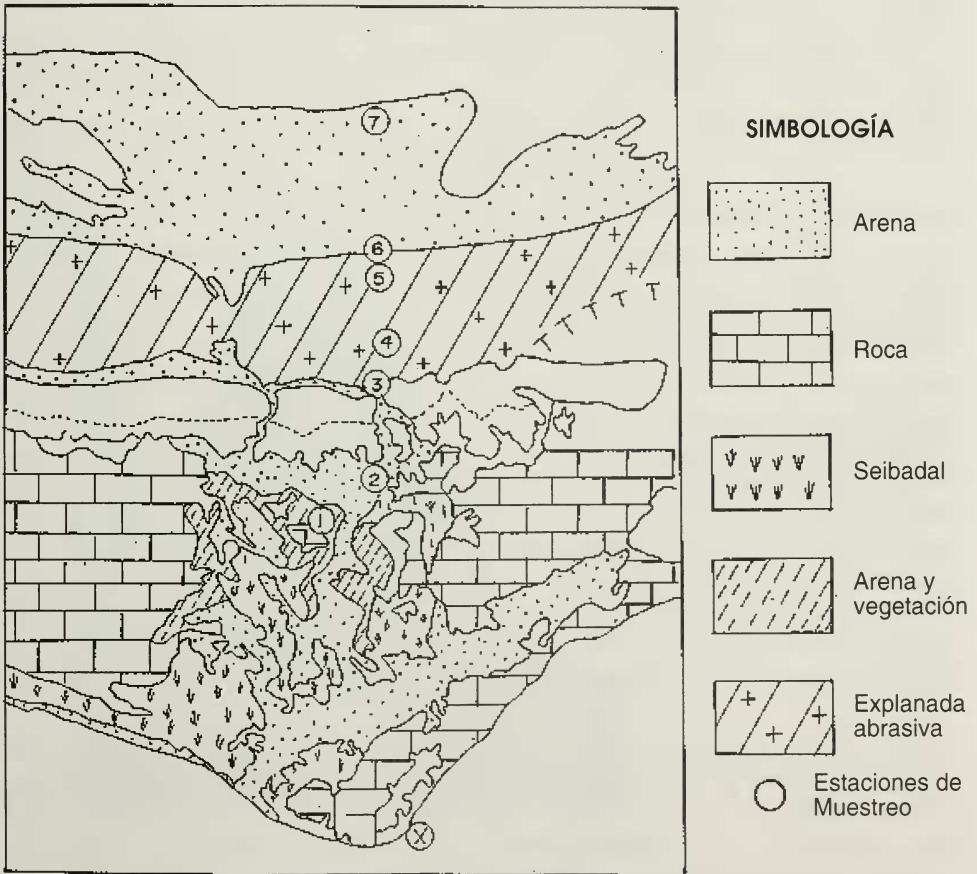


Figura 2. Esquema de la distribución de los diferentes biotopos y la ubicación de las estaciones.

Figure 2. Distribution plan of the different biotopos and the location of the stations.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las comunidades en las distintas zonas:

Laguna del arrecife (Estación 1). La laguna del arrecife, extendida entre la meseta arrecifal y la costa, está compuesta por praderas marinas (seibadales) distribuidas en parches irregulares, arenazos desprovistos de vegetación y fondos rocosos llanos abrasivos cubiertos o no por una capa de arena de espesor variable y en ocasiones con ligera cobertura de algas (Fig. 2).

La escasez de sustrato duro disponible y lo inadecuado del mismo hacen que la zona se caracterice por presentar una densidad muy baja de gorgonáceos (0.7 colonias/m²) de modo que, empleando un esfuerzo de muestreo en número de cuadrantes (30), similar al del resto de las zonas, sólo se contaron 21 individuos.

En esta zona se registró un total de 3 especies (Tabla 1) con marcada dominancia de *Pterogorgia citrina* (80.9 %), especie característica de fondos someros con sedimento particulado y vegetación e influencia de aguas enriquecidas.

Aunque el tamaño de muestra obtenido es insuficiente para un cálculo adecuado de los índices ecológicos, la tendencia de los valores de H' y J' a ser bajos y alto el de C' debe mantenerse de incrementarse el área de muestreo, pues tales características se mantienen de forma homogénea en todo el biotopo, según fue constatado en los recorridos de buceo.

Los valores de los índices ecológicos indican la existencia en esta zona de condiciones ambientales desfavorables y no pronosticables, que se explican por el efecto severo que ejerce en esta zona el batimiento (Fig. 3), y la acción de la resuspensión del sedimento, a lo que se suma la posible afectación mecánica de la vegetación y la ausencia de un sustrato duro, factores todos que *Pterogorgia citrina* afronta ventajosamente. Según ALCOLADO (1981) esta especie se encuentra entre las resistentes al batimiento intenso. Además, las características de sus pólipos, que son completamente retráctiles y están confinados a 2 estrechas hileras longitudinales a lo largo de los bordes de las ramas aplanadas, hacen que ofrezca una superficie horizontal mínima (OPRESKO, 1973) lo que unido a encontrarse en constante movimiento, debido a su gran flexibilidad en una zona de fuerte tensión hidrodinámica, dificulta aún más la acumulación del sedimento, dando como resultado que la especie pueda predominar en hábitats impactados por este tensor. Posiblemente estas características, la protección de los pólipos en los surcos laterales y la flexibilidad, hacen que el daño mecánico producto del roce con las algas sea mínimo al ocurrir el contacto principalmente con las porciones aplanadas de la colonia, desprovistas de pólipos, y con menor fuerza que en el caso de otras especies menos flexibles.

Zona trasera (Estación 2). Esta zona presenta una distribución discontinua de diferentes tipos de fondos, donde aparecen en tramos de longitud variable: seibadales, fondos arenosos con algas, o rocosos llanos de aspecto abrasivo. Hacia el talud interior de la meseta predomina el sustrato rocoso con una extraordinaria cobertura de corales, además de algas calcáreas, briozoos, esponjas y coralimorfarios.

El muestreo realizado sobre el talud, que incluyó también parte de su borde inferior inmediato, reveló una baja densidad de organismos (3 colonias/m²) motivado por el poco sus-

trato disponible en el primer estrato y por lo inadecuado del mismo para la fijación larval en el segundo, aunque sin llegar a las condiciones extremas observadas en la laguna.

Del total de 7 especies (Tabla 1) registradas en la zona, *Briareum asbestinum* dominó (60 %) en las partes más protegidas correspondientes al talud interno de la meseta debido a que esta especie es capaz, por su forma de crecimiento, de desarrollarse incluso sobre sustratos biológicos, en ocasiones hasta otras especies de gorgonias (HUMANN, 1993). En el borde inferior, donde al parecer existe menos protección del oleaje, *Eunicea mammosa* (21 %) fue la especie dominante y aparecieron aunque en menores porcentajes, otras especies resistentes al batimiento intenso como *Plexaura flexuosa*, *Gorgonia flabellum*, y *Muricea muricata*.

El tamaño de muestra obtenido (90 individuos) resultó pequeño para el cálculo de los índices ecológicos aunque sus valores muestran una marcada tendencia a ser bajos en el caso de H' y J' y alto el de C'. No obstante estos valores deben considerarse tentativos pues si bien existen en esta zona condiciones desfavorables, explicables tanto por el efecto de batimiento como por lo inadecuado del sustrato, la heterogeneidad del fondo no permite generalizar como en la laguna arrecifal. Más aún, es posible que exista una mezcla de

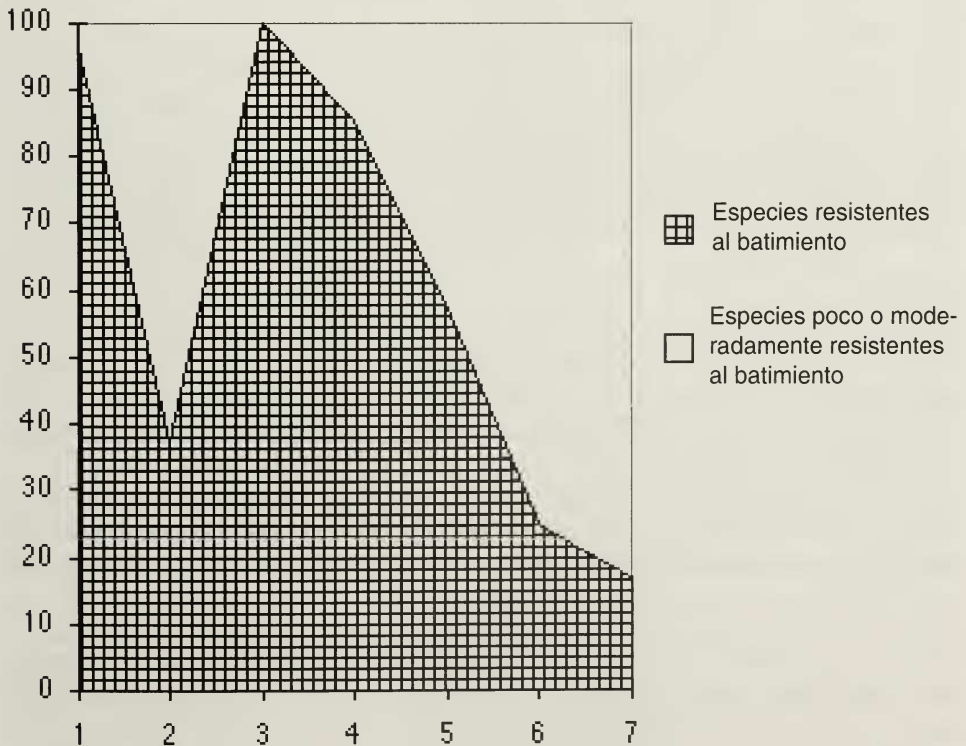


Figura 3. Variación de los porcentajes de las especies de gorgonáceos, según su resistencia al batimiento intenso, en las distintas zonas del arrecife de barrera.

Figure 3. Variation of the percentages of the species of gorgonians, according to their resistance to the hydrodynamic tension, in the different zones of the barrier reef.

subhábitats en el área muestreada. El primero, correspondiente al talud propiamente dicho, donde se observa una protección más efectiva del oleaje y predomina *Briareum asbestinum* y el segundo, caracterizado por especies resistentes al batimiento, ya que tiene menor protección debido a que la meseta de este arrecife no se extiende de forma continua. Haciendo esta diferenciación, el valor inferido de ITH sería mucho más elevado en la parte inferior, explicándose los bajos valores de H' y J' por la elevada dominancia de *Eunicea mammosa*.

El valor demasiado pequeño de ITH (37.7 %) para esta zona tan poco profunda no justifica los valores bajos de H' y J'. Este posiblemente esté dado por la sobrestimación de la abundancia de *Briareum asbestinum*, una especie poco tolerante al batimiento. Las colonias de este gorgonáceo son muy difíciles de individualizar ya que al ver limitada su expansión por la presencia de un sustrato inadecuado para su crecimiento, como la arena, generan estolones por dentro de este para alcanzar otro sustrato firme, por lo cual en ocasiones una sola colonia puede ser contada más de una vez.

Zona de embate (Estación 3). Esta zona se presenta como una franja continua a lo largo de la porción N de la meseta (Fig. 2), caracterizada por una marcada influencia de la acción del oleaje y de lo cual es reflejo un valor del ITH del 92 % (Fig. 3).

En esta zona los valores de densidad resultaron sólo ligeramente superiores a los de la zona anterior, (4.29 colonias/m²) en lo que debe influir, además del batimiento, la presencia de arena sobre el sustrato rocoso y su efecto abrasivo por la dinámica del área.

Se registró un total de 8 especies (Tabla 1) con marcada dominancia de *Gorgonia flabellum* (78,1%), especie que debido a su alto grado de resistencia al batimiento caracteriza las zonas de embate de muchos arrecifes de barrera (ALCOLADO, 1981).

Esta elevada dominancia se refleja en el alto valor de C' y en los bajos de H' y J' (Tabla 1). ALCOLADO (1984) considera que el tensor fundamental que influye sobre la estructura comunitaria de los gorgonáceos en esta zona, el batimiento, debe ejercer su efecto de manera constante, lo cual debía reflejarse en valores más elevados de J'. Sin embargo, hay que considerar que este tensor actúa como un elemento selectivo al limitar el asentamiento en esta zona de las especies que no han desarrollado adaptaciones para enfrentarlo, por lo que las especies resistentes ocupan casi todo el sustrato disponible y con su dominancia afectan al mencionado índice.

Los datos de ALCOLADO (1981), en esta misma zona, correspondientes al año 1974, reflejan una estructura ecológica muy similar a la obtenida en el presente estudio, con predominio de *Gorgonia flabellum* (62 %), seguida de *Eunicea tourneforti*, *Plexaura flexuosa* y *Eunicea mammosa*, ocupando entre todas el 90 % de la comunidad (Tabla 1). Ello brinda sólidos criterios acerca de la estabilidad temporal de la estructura comunitaria en esta zona del arrecife y permite inferir colateralmente, que las inundaciones de 1982 deben haber afectado particularmente la zona trasera del arrecife según sugieren MARTINEZ-ESTALELLA Y HERRERA (1989).

Explanada abrasiva, 5 m (Estación 4). Se presenta como una franja paralela a la meseta con un fondo rocoso llano de aspecto abrasivo, cubierto por cantidades variables de arena y algas.

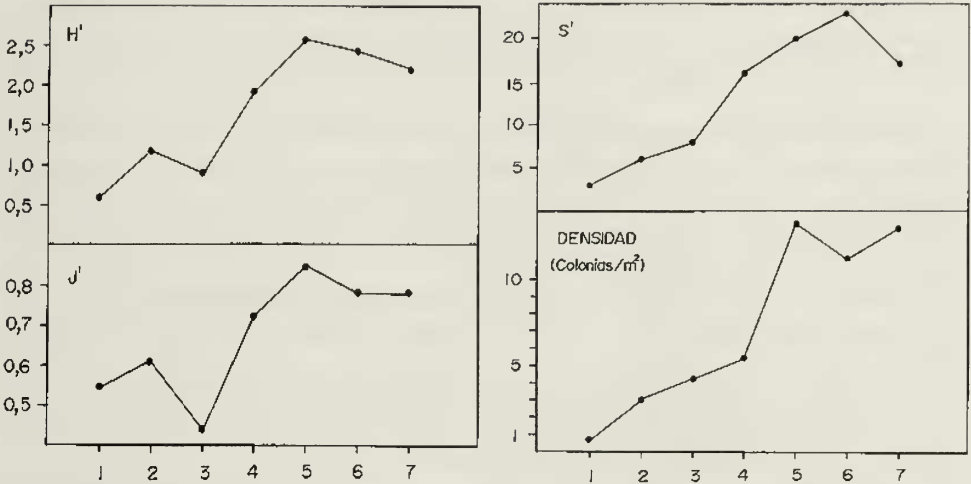


Fig. 4. Variación de los parámetros estructurales analizados en las distintas zonas del arrecife de barrera.
Fig. 4. Variation of the structural parameters analyzed in the different zones of the barrier reef.

Al parecer las características del sustrato no son del todo adecuadas para sustentar una alta densidad de gorgonáceos por lo que sólo se registraron 5.56 colonias/m². No obstante, la explanada abrasiva en 5 m ya marca una transición dentro del arrecife de barrera donde las características de las zonas anteriores cambian y el ambiente se torna progresivamente más favorable y constante según refleja la estructura ecológica de los gorgonáceos, aunque en esta zona el ITH (84.1 %) alcanza un valor elevado (Fig. 2).

En esta zona se registró un total de 16 especies (Tabla 1) con predominio de *Eunicea mammosa* (39.1 %), *Plexaurella dichotoma* (15.8 %) y *E. tourneforti* (12.6 %)

Explanada abrasiva, 10 m (Estación 5). La estación correspondiente a esta zona es continuación de la anterior, aunque ya aquí, el aumento de profundidad que se traduce en una disminución de la intensidad del batimiento (Fig. 3) permite un incremento notable de la densidad. Ello puede deberse tanto a la influencia de la agitación del agua sobre la densidad como a la reducción del batimiento y de su efecto abrasivo al aumentar la estabilidad de los sedimentos. Se observó un total de 21 especies (Tabla 1) con dominancia de *Eunicea mammosa* (15.3 %) seguida de *Pseudopterogorgia americana* (13.5 %), *Plexaura flexuosa* (9.5 %), *Muricea muricata* (8.6 %) y *Eunicea tourneforti* (8.5 %).

Arrecife frontal, 15 m (Estación 6). Esta zona corresponde al llamado canto o veril y presenta una inclinación variable, predominantemente de 45° y se extiende entre 11 y 15 m de profundidad, en forma de escalón de relieve irregular. A simple vista se observa un incremento notable de la densidad de la fauna sésil, correspondiendo a los corales la mayor abundancia. La superficie del sustrato aparece desigualmente cubierta por algún sedimento y escasa vegetación.

Se registró un total de 21 especies (Tabla 1), con dominancia de *Plexaura kuekenthali* (20.3%), seguida de *Pseudopterogorgia americana* (16.1%), *Gorgonia ventalina* (11.3

%), *Pseudoplexaura flagellosa* (11.0%) y *G.* (10.7%). De ellas a excepción de *G. ventolina*, todas son poco o moderadamente resistentes al batimiento intenso (ALCOLADO, 1981) lo que refleja la disminución de la intensidad de este factor en esta zona (Fig. 3).

Cabezos del talud del arrecife frontal, 20 m (Estación 7). El talud del arrecife frontal, ubicado a 20 m de profundidad, está constituido por una explanada rocosa de escasa pendiente, cubierta con una capa de sedimento grueso. Sobre esta se desarrollan promontorios coralinos (cabezos) de tamaños variables, con una exuberante fauna sésil, representada por organismos de gran tamaño.

El muestreo se realizó sobre dichos cabezos ya que sobre el fondo arenoso la fauna sésil está prácticamente ausente a excepción de algunas especies escasas de los géneros *Pterogorgia* y *Pseudopterogorgia*.

En esta zona se registró un total de 17 especies (Tabla 1) correspondiendo la dominancia a *Pseudopterogorgia elisabethae* (24.9 %), *Plexaura kuekenthali* (20.4 %), *Eunicea calyculata* forma *coronata* (11.1 %) y *Plexaura flexuosa* (10.5 %).

El valor de H' se mantuvo alto, aunque algo inferior a los observados a 10 y 15 m, debido a la disminución de la riqueza de especies. Ello ocurre dado que no todas las especies de gorgonáceos someros representativos de nuestros arrecifes llegan en su distribución batimétrica a esta profundidad donde la luz puede pasar a ser un factor restrictivo.

Comparación entre las distintas zonas. La Fig. 4 recoge las variaciones de los indicadores estructurales analizados en las distintas zonas donde puede observarse la existencia de diferencias entre la zona lagunar trasera y de embate (área de mayor tensión ambiental) y la parte frontal del arrecife (área de menor tensión ambiental), lo que coincide con el patrón señalado por KINZIE (1973).

La primera área, más impactada, se caracteriza por bajos valores de densidad, diversidad y equitatividad producto del batimiento, la resuspensión del sedimento y la mayor cobertura vegetal, factores que como vimos, se manifiestan en mayor o menor grado en esas tres zonas.

A partir de la zona de explanada abrasiva, en 5 m, se observa un incremento de la diversidad y la equitatividad indicando el aumento de la favorabilidad y la constancia ambiental, aunque los mayores valores de densidad se observan a partir de los 10 m, pues a menor profundidad aún ejerce un efecto importante el factor agitación del agua.

Estas diferencias entre las dos partes del arrecife y la existencia de un mayor control físico sobre las comunidades de la laguna, la zona trasera y la zona de embate, aparece reflejada en las curvas de rarefacción de la Fig. 5, donde las curvas correspondientes a las zonas mencionadas conforman una familia de menor riqueza específica.

Finalmente la comparación de las características faunísticas de las distintas zonas se muestra en el análisis nodal de la Fig. 6 obtenido a partir de los resultados de las clasificaciones normal e inversa.

En el análisis normal las relaciones obtenidas por los tres índices de afinidad empleados fueron muy similares aunque la más objetiva se obtuvo con el índice de Bray-Curtis que brindó cinco grupos correspondientes a la laguna, zona trasera, zona de embate, ex-

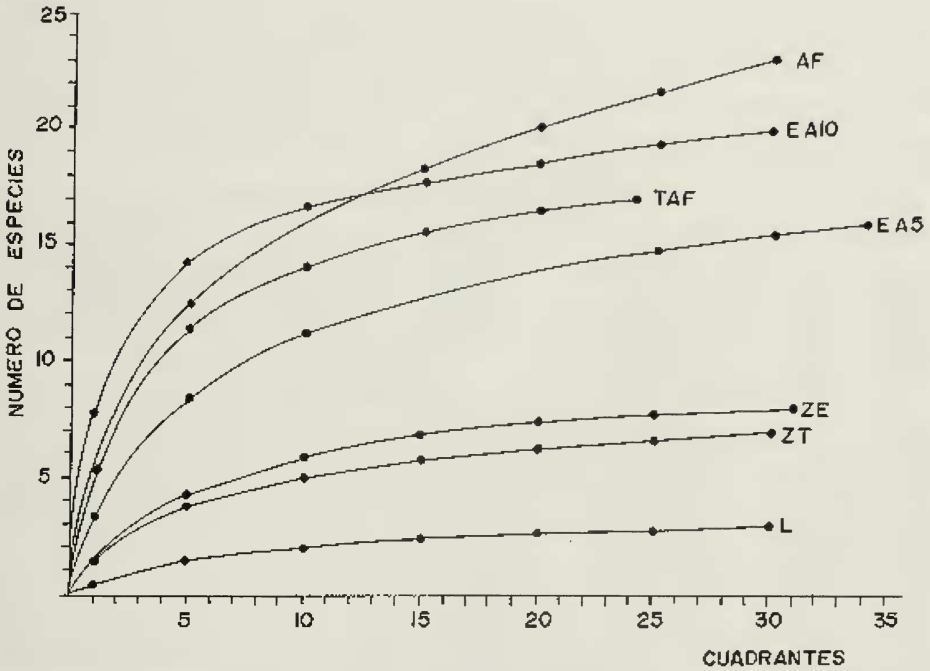


Figura 5. Curvas de rarefacción obtenidas por el método de Shinozaki (1963) para las distintas zonas del arrecife de barrera. L: laguna, ZT: zona trasera, ZE: zona de embate, EA5 y EA10: explanadas abrasivas en 5 y 10 metros, V15: veril en 15 metros, TAF: talud del arrecife frontal.

Figure 5. Rarefaction curves obtained by the Shinozaki method (1963) for the different zones of the barrier reef. L: lagoon, ZT: rear zone, ZE: surf zone, EA5 and EA10: rock pavement at 5 and 10 meters, V15: escarpment at 15 meters, TAF: fore reef slope.

planada abrasiva en 5 y 10 m y arrecife frontal en 15 y 20 m (Fig. 6).

En el análisis inverso también los resultados de los tres índices fueron similares, aunque la distancia euclidiana brindó a nuestro juicio, la mejor opción al dividir el conjunto de especies en diez grupos donde quedaron separadas de manera clara las especies representativas de cada una de las zonas (Fig. 6).

Para el análisis del comportamiento de cada uno de los grupos de especies en los conjuntos de estaciones se confeccionó una escala de variación de los valores de densidad (Fig. 6) la cual se representó en cada nodo con una simbología gráfica.

Con dicha simbología hemos dibujado solamente aquellas áreas de los nodos donde coincide la presencia de una especie con una densidad determinada. Dado que los conjuntos de especies en el análisis inverso se han formado por la concurrencia de un grupo de ellas con densidades similares en ciertas estaciones, dicho grupo una vez formado, caracteriza como agrupación la situación ecológica de sólo ese conjunto de estaciones, pero puede carecer de sentido para los restantes.

Por ello podrá observarse (Fig. 6) que en algunos grupos de especies la simbología gráfica completa el nodo correspondiente a un grupo de estaciones, con valores altos o bajos de densidad, mientras que en los restantes nodos, ese mismo conjunto de especies no

presenta un patrón definido de presencia, ni de abundancia. Por este hecho, que es más evidente cuando se emplean en la clasificación inversa medidas de afinidad sesgadas hacia los altos valores (como la distancia), no debe generalizarse la simbología gráfica a todo el nodo cuando se empleen valores de densidad, biomasa u otros parámetros poblacionales, a diferencia de cuando se emplean constancia, fidelidad u otros índices que se refieren al comportamiento del grupo de especies como un todo.

En la Fig. 6 puede verse claramente que tanto la laguna como las zonas trasera y de embate, presentan una baja densidad de organismos. En la primera se ve que la especie característica es *Pterogorgia citrina*, con poca abundancia; en la segunda es muy abundante *Briareum asbestinum*, seguida de *Eunicea mammosa* con poca abundancia; y en la tercera la mayor abundancia corresponde a *Gorgonia flabellum* especie altamente resistente al batimiento intenso (ALCOLADO, 1981) que tipifica la zona de embate.

En la explanada abrasiva en 5 y 10 m se incrementa la densidad comunitaria, *Eunicea mammosa* se hace muy abundante; es abundante el grupo compuesto por *Muricea muricata*, *M. pinnata*, *Eunicea calyculata* f. *typica*, *E. tourneforti* y *Plexaurella dichotoma*, y poco abundante aunque con densidades mayores que en las anteriores zonas el grupo compuesto por *Pseudopterogorgia americana*, *Plexaura flexuosa*, *Pseudoplexaura flagellosa* y *Muriceopsis flavida*.

En el arrecife frontal a 15 y 20 m pasan a ser abundantes *Gorgonia ventalina* y *G. mariae*, *Eunicea calyculata* f. *coronata* y *E. clavigera*, mantienen esa condición *P. americana*, *P. flexuosa*, *P. flagellosa* y *M. flavida*, y adquirieron una densidad notable *Pseudopterogorgia elisabethae* y *Plexaura kuekenthali*, que se habían mantenido ausentes de las restantes zonas.

La zonación observada en las distintas especies coincide con lo encontrado por Alcolado (1981) y con los límites batimétricos reportados por KINZIE (1973).

En tal sentido debe señalarse la ausencia de *Plexaura homomalla* y *Plexaura kuekenthali* en la zona trasera del arrecife, especies representativas de esta zona. En esa misma zona, ALCOLADO (1981) reporta que de un total de 339 gorgonáceos presentes en el conteo sólo un ejemplar pertenecía a esta especie. *P. homomalla* incluso, fue clasificada en el segundo grupo de especies junto a un conjunto de especies que estuvieron ausentes o fueron escasas en todas las zonas. Tal situación se explica por lo inadecuado del sustrato y la ausencia de cabezos coralinos, sobre los cuales se desarrollan dichas especies y es un patrón que se observa en la generalidad de los arrecifes de barrera de la Costa Norte.

Consideraciones sobre la estructura ecológica de la comunidad de gorgonáceos

Las tendencias de la variación de la diversidad y la equitatividad con la profundidad se comportan de forma similar a las observadas en otros arrecifes de la costa norte de Cuba, como los de los cayos: Sabinal, Fragoso, Caimán de Santa María, Confites, Francés y Esquivel. (GARCIA-PARRADO, inédito) y de Santa Cruz del Norte (HERRERA Y ALCOLADO, 1986). Es notable que sea en los 10 metros de profundidad donde generalmente se observan los valores más elevados de estos índices, debido a que en esta zona el efecto de la turbulencia provocada por el oleaje, uno de los factores que más afecta a las comunidades de gorgonáceos, es mucho más marcado que en profundidades mayores.

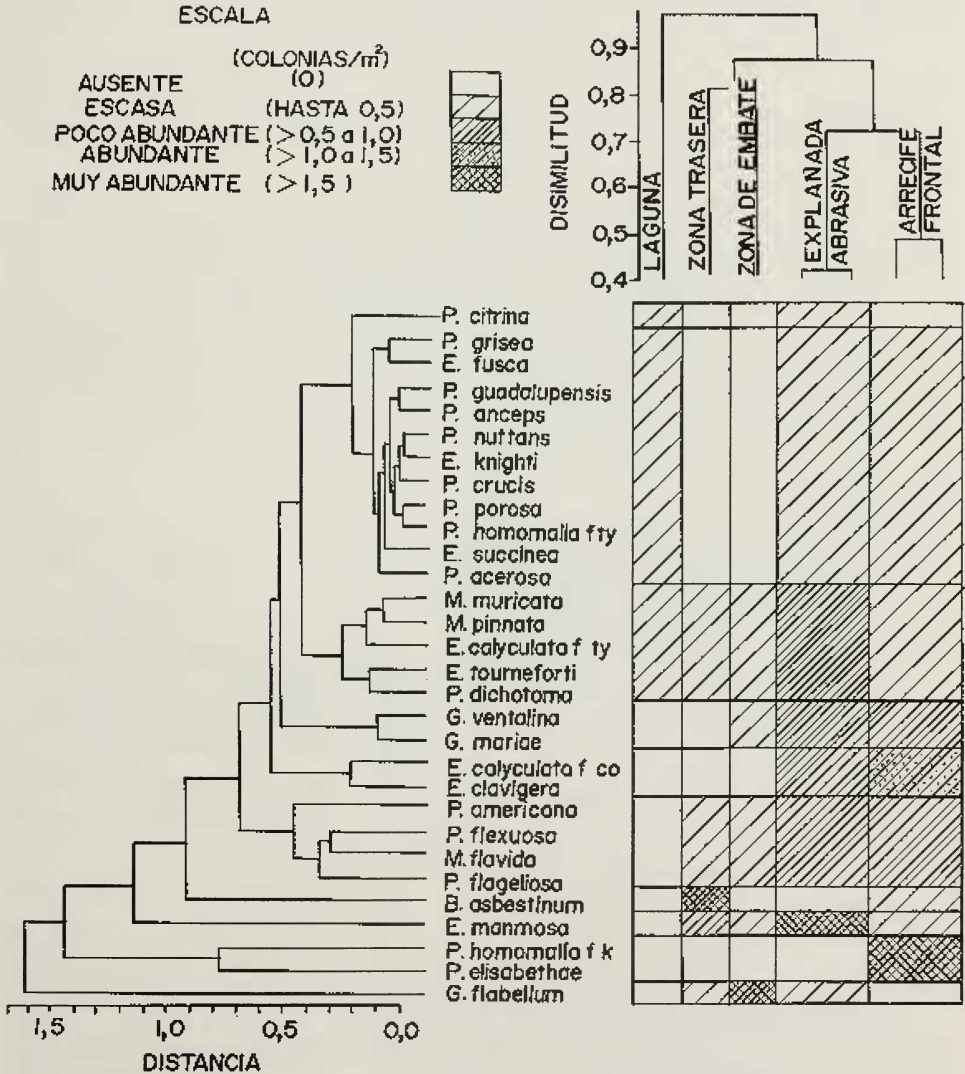


Figura 6. Relación de las clasificaciones normal (por estaciones) e inversa (por especies) en el análisis nodal, empleando los valores de densidad.

Figure 6. Relationship of the normal classifications (by stations) and inverse (by species) in the nodal analysis, employing the density values.

Al parecer en este nivel se produce una combinación de factores que favorecen el desarrollo de estos organismos: como una buena iluminación para la realización de la fotosíntesis de sus algas simbioses unida a una tensión hidrodinámica tolerable para la mayoría de las especies de gorgonias, pero lo suficientemente fuerte para dificultar el establecimiento de otros organismos sésiles como las esponjas y los corales, que compiten con ellas por el espacio. En otros estudios realizados en arrecifes aledaños a las Bahías de La Habana (HERRERA y ALCOLADO, 1983) y Mariel (HERRERA y ALCOLADO, 1986) los valores promedio de H' y J' de 15 metros fueron superiores a los obtenidos en 10 metros de profundidad; pero esto puede deberse a una mayor incidencia en los 10 m de la contaminación que irradia a partir de estas bahías, debido a su mayor cercanía.

Utilizando los límites tentativos para los valores de H' y J' establecidos por HERRERA y ALCOLADO (1983) con el objetivo de inferir el grado de favorabilidad y pronosticabilidad del ambiente en los arrecifes, de acuerdo con los criterios ecológicos resumidos por PRESTON y PRESTON (1975) observamos que las comunidades de gorgonáceos "interpretan" como desfavorable y no pronosticable al ambiente de la laguna arrecifal, la zona trasera y la zona de embate, como moderadamente desfavorable y constante los 5, 15 y 20 metros y como favorable y constante los 10 metros. Estos resultados coinciden en general con los obtenidos por y HERRERA y ALCOLADO (1986).

BIBLIOGRAFÍA

- ALCOLADO, P. M. 1981. Zonación de los gorgonáceos someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los organismos del Bentos. *Inf. Cient. Téc.*, 187: 1-43.
- ALCOLADO, P. M. 1984. Utilidad de algunos índices ecológicos estructurales en el estudio de comunidades marinas de Cuba. *Ciencias Biológicas*, 11: 61-77.
- BOESCH, D. F. 1977. Applications of numerical classification in ecological investigations of water pollution. *Ecol. Res. Ser.*, EPA-600/3-77-033: 1-115.
- GOLDBERG, W. M. 1973. The ecology of the coral-octocoral communities of the southeast Florida coast: geomorphology, species composition and zonation. *Bull. Mar. Sci.*, 23(3): 465-488.
- HERRERA, A. 1991. *Efectos de la contaminación sobre la estructura ecológica de los arrecifes coralinos en el litoral habanero*. Tesis de Doctorado en Ciencias. 110 p. 23 ilus. Instituto de Oceanología. (inédita)
- HERRERA, A. y P. M. ALCOLADO. 1983. Efectos de la contaminación sobre las comunidades de gorgonáceos al Oeste de la Bahía de La Habana. *Ciencias Biológicas*, 10: 69-85.
- HERRERA, A. y ALCOLADO, P. M. 1985. Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos del arrecife de Santa Cruz del Norte. *Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología*, 49: 1-27.
- HERRERA, A. y ALCOLADO, P. M. 1986. Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos en el litoral de Mariel y su comparación con el litoral habanero. *Ciencias Biológicas*, 15: 55-75.
- HUMANN, P. 1993. *Reef Coral Identification*. New World Publications, INC. 239 págs.
- JORDAN, E. D. 1979. An analysis of gorgonian community in a reef calcareous platform of the Caribbean coast of Mexico. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM. 6(1): 87-96.
- KINZIE, R. A. 1973. The zonation of West Indian gorgonians. *Bull. Mar. Sci.*, 23(1): 93-155.
- MARTINEZ-ESTALELLA, N. y HERRERA, A. 1989. Estructura ecológica de las comunidades de corales escleractíneos en el arrecife de barrera del Rincón de Guanabo. *Rep. de Inv. del Instituto de Oceanología*, 9: 1-15.
- MUZIK, K. 1982. *Octocorallia (Cnidaria) from Carrie Bow Cay, Belize*. En K. Rützler and I. Macintyre (eds.), *The Atlantic barrier ecosystem at Carrie Bow Cay*. I. Smith. *Contrib. Mar. Sci.* 12: 303-310
- OPRESKO, D. M. 1973. Abundance and distribution of shallow-water gorgonians in the area of Miami, Florida. *Bull. Mar. Sci.*, 23(3): 535-558.
- PIELOU, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13: 131-144.
- PRESTON, E. M. y PRESTON, J. L. 1975. Ecological structure in a West Indian gorgonian fauna. *Bull. Mar. Sci.*, 25(2): 248-258.
- SHANNON, C. E. y WEAVER, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, 117 p.
- SHINOZAKI, K. 1963. Notes on the species-area curve. 10 th. *Annu. Meet. Ecol. Soc. Jap.* (Abstr.), 5.
- SIMPSON, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- SMITH, E. P., STEWART, P. M. y CAIRNS, J. Jr. 1985. Similarities between rarefaction methods. *Hydrobiologia*, 120: 167-170.